

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-243671

(43)Date of publication of application : 29.08.2003

(51)Int.Cl.

H01L 29/861

H01L 21/329

H01L 29/47

H01L 29/872

(21)Application number : 2002-042535

(71)Applicant : SHINDENGEN ELECTRIC MFG CO LTD

(22)Date of filing : 20.02.2002

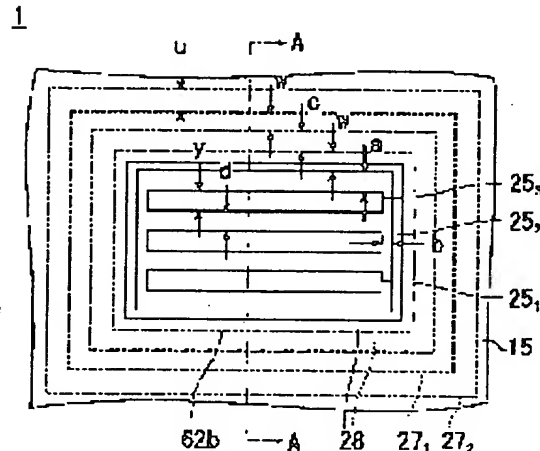
(72)Inventor : KITADA MIZUE
OSHIMA KOSUKE
KURI SHINJI

(54) DIODE ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the dielectric strength of a Schottky diode.

SOLUTION: The diode 1 of the present invention is characterized in that: distances (b) between long sides of thin-groove withstand voltage parts 251 to 253 and a ring inner circumference of an intermediate withstand voltage part 28 are double as long as distances (b) between short sides and the ring inner circumference of the intermediate withstand voltage part 28; the distance (c) between the ring inner circumference of an outer withstand voltage part 271 at the innermost circumference and the ring outer circumference of the intermediate withstand voltage part 28 and the distance (u) between the long sides of mutually adjacent thin groove withstand voltage parts 251 to 253 are both equalized to the distance (a); and ring widths (2) between the outer withstand voltage parts 271 to 272 and the intermediate withstand voltage part 28 and widths (y) of the respective thin groove withstand voltage parts 251 to 253 are equalized to each other. Consequently, the part inside the outer withstand voltage part 272 at the outermost circumference is all in a depletion state and an electric field never locally concentrated on the part positioned inside the outer withstand voltage part 272 at the outermost circumference, so the withstand voltage is improved as compared with a conventional element.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-243671

(P2003-243671A)

(43) 公開日 平成15年 8 月29日 (2003. 8. 29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
H 0 1 L 29/861		H 0 1 L 29/91	D 4 M 1 0 4
21/329			B
29/47		29/48	F
29/872			

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-42535(P2002-42535)

(22) 出願日 平成14年 2 月20日 (2002. 2. 20)

(71) 出願人 000002037

新電元工業株式会社

東京都千代田区大手町 2 丁目 2 番 1 号

(72) 発明者 北田 瑞枝

埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株式会社飯能工場内

(72) 発明者 大島 宏介

埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株式会社飯能工場内

(74) 代理人 100102875

弁理士 石島 茂男 (外 1 名)

最終頁に続く

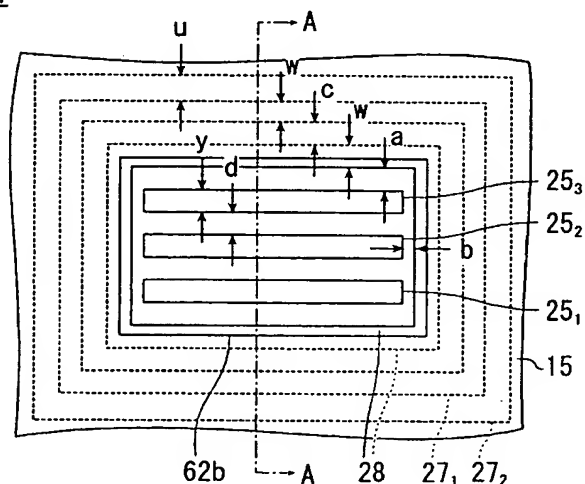
(54) 【発明の名称】 ダイオード素子

(57) 【要約】

【課題】 ショットキーダイオードの耐圧を向上させる技術に関する。

【解決手段】 本発明のダイオード 1 によれば、細溝耐圧部 25₁~25₃の長辺と中間耐圧部 28 のリング内周の間の距離 a は、その短辺と、中間耐圧部 28 のリング内周との間の距離 b の二倍にされ、また、最内周の外側耐圧部 27₁のリング内周と中間耐圧部 28 のリング外周との間の距離 c と、互いに隣接する各外側耐圧部 27₁、27₂の距離 u と、互いに隣接する各細溝耐圧部 25₁~25₃の長辺間の距離 d は、ともに距離 a と等しくされ、各外側耐圧部 27₁、27₂と中間耐圧部 28 のリング幅 w と各細溝耐圧部 25₁~25₃の幅 y とは互いに等しくされている。このため、最外周の外側耐圧部 27₂より内側は全て空乏化した状態になり、最外周の外側耐圧部 27₂より内側に位置する部分に局所的に電界が集中することはないので、従来の素子に比して耐圧が向上する。

1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 導電型の基板と、
前記基板の主面に形成された複数の溝と、
前記第 1 導電型とは反対の導電型である第 2 導電型の半
導体であって、前記溝内に充填された半導体充填物と、
前記主面に配置された電極膜とを有し、
前記電極膜と前記基板表面とが接触する部分ではショッ
トキー接合が形成され、前記電極膜と前記半導体充填物
表面とが接触する部分ではオーミック接合が形成された
ダイオード素子であって、
前記溝は、平面形状がリング形状であって、リング内周
の形状が四角形の第 1 の細溝リングと、平面形状が細長
長方形であって、前記第 1 の細溝リングのリング内周よ
りも内側位置に、四辺が前記第 1 の細溝リングのリング
内周と平行に配置された複数の長方形細溝とを含み、
前記第 1 の細溝リングの内部と前記各長方形細溝の内部
に充填された前記半導体充填物によって、1 個の中間耐
圧部と、複数の細溝耐圧部とがそれぞれ構成され、
前記各細溝耐圧部の表面と、該細溝耐圧部間に位置する
前記基板表面は前記電極膜と接触され、
前記細溝耐圧部と前記中間耐圧部との距離のうち、前記
中間耐圧部のリング内周と対向する細溝耐圧部の長辺と
前記中間耐圧部のリング内周との間の距離 a は、前記細
溝耐圧部の短辺とリング内周との間の距離 b の略二倍に
設定されたダイオード素子。

【請求項 2】前記中間耐圧部は前記電極膜とは接触せ
ず、浮遊電位に置かれた請求項 1 記載のダイオード素
子。

【請求項 3】前記溝は、前記第 1 の細溝リングを取り囲
むリング形状の第 2 の細溝リングを有し、
前記第 2 の細溝リングの内部に充填された前記半導体充
填物によって外側耐圧部が構成された請求項 1 記載のダ
イオード素子であって、
前記中間耐圧部は前記電極膜と接触し、
前記外側耐圧部は前記電極膜とは接触せず浮遊電位に置
かれたダイオード素子。

【請求項 4】前記細溝耐圧部は複数設けられ、
前記各細溝耐圧部は、該各細溝耐圧部の長辺が距離 d を
おいて互いに平行に配置され、該距離 d は、前記中間耐
圧部のリング内周と対向する細溝耐圧部の長辺と前記中
間耐圧部のリング内周との間の距離 a と略等しい請求項
1 乃至 3 のいずれか 1 項記載のダイオード素子。

【請求項 5】前記外側耐圧部と前記中間耐圧部のリング
の幅 w は前記長方形細溝の幅 y と略等しく、且つ、前記
外側耐圧部のリング内周と、前記中間耐圧部のリング外
周との間の距離 c は、前記中間耐圧部のリング内周と対
向する細溝耐圧部の長辺と前記中間耐圧部のリング内周
との間の距離 a に略等しい請求項 3 又は 4 のいずれか 1
項記載のダイオード素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はダイオードに係り、
特に、細溝内に半導体結晶がエピタキシャル成長された
構造を有するダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】図 21 は、従来技術のダイオード 101
の平面図を示し、図 22 は、図 21 の P-P 線断面図を
示している。

【0003】このダイオード 101 は、N 型のシリコン
基板 111 を有している。シリコン基板 111 の表面上
には N 型のエピタキシャル層 112 が形成されている。

【0004】このエピタキシャル層 112 の表面には、
平面形状が矩形リング状の溝が設けられている。ここ
では 3 本の矩形リング状の溝が設けられ、各リング状の溝
は同心状に配置されており、各リング状の溝の内部に、
エピタキシャル成長法で形成され、P 型不純物が含まれ
た半導体層がそれぞれ充填されている。

【0005】これらの半導体層のうち、最も内側に配置
された矩形リング状の半導体層を中間耐圧部 128 と
し、その中間耐圧部 128 の外側に、二本の外側耐圧部
127₁、127₂ が同心状に配置されているとすると、
中間耐圧部 128 の内側には、平面形状が長方形の細
溝が複数配置されている。各細溝は互いに平行に配置さ
れている。各細溝の内部にはエピタキシャル成長法で形
成され、P 型不純物が含まれた半導体層からなる細溝耐
圧部 125₁～125₃ が充填されている。

【0006】エピタキシャル層 112 の表面には、熱酸
化膜 114 と PSG 膜 115 とが順次形成されている。
PSG 膜 115 上には金属薄膜からなるアノード電極 1
18 が配置されている。熱酸化膜 114 と PSG 膜 11
5 とには同じ位置に開口が形成されており、この開口の
底部ではエピタキシャル層 112、細溝耐圧部 125₁
～125₃ 及び中間耐圧部 128 とが露出しており、ア
ノード電極 118 と接触している。

【0007】このアノード電極 118 は、エピタキシャ
ル層 112 とショットキー接合をし、細溝耐圧部 125₁
～125₃ 及び中間耐圧部 128 とはオーミック接合す
る金属薄膜である。

【0008】かかる構成のダイオード 101 では、アノ
ード電極 118 に正電圧、カソード電極 119 に負電圧
を印加すると、アノード電極 118 とエピタキシャル層
112 との間のショットキー接合が順バイアスされ、ア
ノード電極 118 からカソード電極 119 に向けて電流
が流れる。

【0009】それとは逆に、アノード電極 118 に負電
圧、カソード電極 119 に正電圧を印加すると、アノ
ード電極 118 とエピタキシャル層 112 との間のショッ
トキー接合と、細溝耐圧部 125₁～125₃ 及び中間耐
圧部 128 と、エピタキシャル層 112 との間の各 PN
接合とが逆バイアスされ、電流は流れなくなる。この状

態で、各PN接合からエピタキシャル層112内に横方向に空乏層が広がる。

【0010】従来では細溝耐圧部125₁～125₃や中間耐圧部128や、外側耐圧部127₁、127₂の幅や間隔などを、耐圧に留意して設定しているわけではなかったため、例えば細溝耐圧部125₁～125₃の長辺と中間耐圧部128のリング内周との間に位置するエピタキシャル層112が空乏化しても、細溝耐圧部125₁～125₃の短辺と中間耐圧部128のリング内周との間に位置するエピタキシャル層112が空乏化しないことがあった。このため、空乏層が形成されない箇所に電界が集中してしまうことで、耐圧が低下してしまっていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来技術の不都合を解決するために創作されたものであり、その目的は、高耐圧のダイオード素子を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、第1導電型の基板と、前記基板の主面に形成された複数の溝と、前記第1導電型とは反対の導電型である第2導電型の半導体であって、前記溝内に充填された半導体充填物と、前記主面に配置された電極膜とを有し、前記電極膜と前記基板表面とが接触する部分ではショットキー接合が形成され、前記電極膜と前記半導体充填物表面とが接触する部分ではオーミック接合が形成されたダイオード素子であって、前記溝は、平面形状がリング形状であって、リング内周の形状が四角形の第1の細溝リングと、平面形状が細長長方形であって、前記第1の細溝リングのリング内周よりも内側位置に、四辺が前記第1の細溝リングのリング内周と平行に配置された複数の長方形細溝とを含み、前記第1の細溝リングの内部と前記各長方形細溝の内部に充填された前記半導体充填物によって、1個の中間耐圧部と、複数の細溝耐圧部とがそれぞれ構成され、前記各細溝耐圧部の表面と、該細溝耐圧部に位置する前記基板表面は前記電極膜と接触され、前記細溝耐圧部と前記中間耐圧部との距離のうち、前記中間耐圧部のリング内周と対向する細溝耐圧部の長辺と前記中間耐圧部のリング内周との間の距離aは、前記細溝耐圧部の短辺とリング内周との間の距離bの略二倍に設定されている。請求項2記載の発明は、請求項1記載のダイオード素子であって、前記中間耐圧部は前記電極膜とは接触せず、浮遊電位に置かれている。請求項3記載の発明は、前記溝は、前記第1の細溝リングを取り囲むリング形状の第2の細溝リングを有し、前記第2の細溝リングの内部に充填された前記半導体充填物によって外側耐圧部が構成された請求項1記載のダイオード素子であって、前記中間耐圧部は前記電極膜と接触し、前記外側耐圧部は前記電

極膜とは接触せず浮遊電位に置かれている。請求項4記載の発明は、請求項1乃至3のいずれか1項記載のダイオード素子であって、前記細溝耐圧部は複数設けられ、前記各細溝耐圧部は、該各細溝耐圧部の長辺が距離dをおいて互いに平行に配置され、該距離dは、前記中間耐圧部のリング内周と対向する細溝耐圧部の長辺と前記中間耐圧部のリング内周との間の距離aと略等しい。請求項5記載の発明は、請求項3又は4のいずれか1項記載のダイオード素子であって、前記外側耐圧部と前記中間耐圧部のリングの幅wは前記長方形細溝の幅yと略等しく、且つ、前記外側耐圧部のリング内周と、前記中間耐圧部のリング外周との間の距離cは、前記中間耐圧部のリング内周と対向する細溝耐圧部の長辺と前記中間耐圧部のリング内周との間の距離aに略等しい。

【0013】本発明のダイオード素子によれば、中間耐圧部のリング内周と対向する細溝耐圧部の長辺と中間耐圧部のリング内周との間の距離aは、細溝耐圧部の短辺とリング内周との間の距離bの略二倍に設定されている。

【0014】このダイオード素子を図23、図24に示す。図23はダイオード素子の平面図であり、図24は図23のH-H線断面図を示している。

【0015】このダイオード素子は、第1導電型の半導体基板10を有し、その半導体基板10の主面には、平面形状がリング状の細溝リングが設けられており、最も内側に位置する第1の細溝リングの内側には、長方形細溝が複数設けられている。各細溝リングは同心状に配置され、各長方形細溝は互いに平行に配置されており、各長方形細溝の内部には、第2導電型の半導体充填物から成る複数の細溝耐圧部25₁～25₃が形成され、各細溝リングのうち最内周の第1の細溝リングには第2導電型の半導体充填物からなる中間耐圧部28が形成され、その外側の細溝リング内部には同じ半導体充填物からなる外側耐圧部27₁が形成されている。

【0016】半導体基板10の表面には、電極膜18が設けられている。この電極膜18は、各細溝耐圧部25₁～25₃の表面と接触するように配置されている。半導体基板10の表面には、熱酸化膜14とPSG膜15とが順次配置され、細溝耐圧部25₁～25₃と中間耐圧部28との間の半導体基板10には電極膜18が接触しないようになっている。また、主面と反対側の半導体基板10の表面には半導体基板10とオーミック接合するカソード電極19が配置されている。

【0017】かかるダイオード1で、第1導電型をN型とし、第2導電型をP型とし、半導体基板10を接地した状態で電極膜18に正電圧を印加するとともに、カソード電極19に負電圧を印加すると、電極膜18と半導体基板10との間のショットキー接合が順バイアスされ、ショットキー接合を通して電極膜18からカソード電極19へと電流が流れる。このとき、各細溝耐圧部2

5₁～25₃と半導体基板10との間のPN接合も順バイアスされるが、PN接合の障壁高さはショットキー接合の障壁高さよりも高いので、PN接合には電流は流れないか流れても僅かである。

【0018】逆に電極膜18に負電圧を印加し、カソード電極19に正電圧を印加すると、電極膜18と半導体基板10との間のショットキー接合と、細溝耐圧部25₁～25₃と半導体基板10との間のPN接合とが逆バイアスされ、電流は流れなくなる。

【0019】各細溝耐圧部25₁～25₃の間では、電極膜18と半導体基板10との間のショットキー接合と、細溝耐圧部25₁～25₃と半導体基板10との間のPN接合との両方の接合から、細溝耐圧部25₁～25₃の間の半導体基板10内部に空乏層が広がる。他方、中間耐圧部28のリング内周と各細溝耐圧部25₁～25₃の間では半導体基板10表面に電極膜18が接触しておらず、ショットキー接合が形成されないため、細溝耐圧部25₁～25₃と半導体基板10の間のPN接合だけから半導体基板10の内部に空乏層が広がる。

【0020】図25の符号25は、細長矩形形状の細溝耐圧部であって、その長辺が中間耐圧部28のリング内周と平行に隣接する一つの細溝耐圧部を示している。

【0021】図25中符号25dは、細溝耐圧部25の長辺と半導体基板10との間のPN接合から外向きに広がる外向きの空乏層の端部を示しており、符号28dは、中間耐圧部28のリング内周と半導体基板10との間のPN接合から内向きに広がる内向きの空乏層の端部を示している。図25中で、半導体基板10と電極膜18との間で形成されたショットキー接合から広がる空乏層は省略している。

【0022】一般に、基板の不純物濃度が均一であって、中間耐圧部28と全部の細溝耐圧部25₁～25₃とに同じ電圧が印加されれば、中間耐圧部28から広がる空乏層の幅と、細溝耐圧部25₁～25₃から広がる空乏層の幅は等しい。

【0023】従って、中間耐圧部28から広がる空乏層と、その中間耐圧部28に隣接する細溝耐圧部25から広がる空乏層とが接する場合、各空乏層は、中間耐圧部28と細溝耐圧部25の中央の位置で接することになる。

【0024】中間耐圧部28のリング内周と、その中間耐圧部28隣接する細溝耐圧部25の長辺との間の距離はaであるから、中間耐圧部28から内向きに広がる空乏層の端部28dと、細溝耐圧部25の長辺から外向きに広がる空乏層の端部25dとは、半分の距離(a/2)の位置で接する。

【0025】図25中符号70₁～70₄は、1個の細溝耐圧部25の四隅近傍部分である角部を示しており、この角部70₁～70₄は、各細溝耐圧部25₁～25₃の四隅近傍にそれぞれ形成されている。

【0026】一般に、細溝耐圧部25₁～25₃の長辺のうち、角部70₁～70₄を除いた部分から外向きに広がる空乏層は、長辺と垂直な方向に伸びるが、角部70₁～70₄では、長辺と垂直な方向に加え、短辺と垂直な方向にも伸びるため、長辺と垂直な方向への広がり量は、長辺うちの角部70₁～70₄を除く部分に比べて小さくなるので、角部70₁～70₄では外向きの空乏層の端部25dは丸まる。

【0027】仮に、空乏層の四隅が丸まった状態で外向きの空乏層の端部82と内向きの空乏層の端部28dの、角部70₁～70₄を除いた長辺が、距離(a/2)の位置で接したと仮定すると、角部70₁～70₄に近い部分には仮想的な不足分が生じることになる。

【0028】図26は、図25の符号30に示した中間耐圧部28と、そのリング内周と対向する一つの細溝耐圧部25の部分拡大図を示している。図26の符号82は、角部70₁～70₄近くの外向きの空乏層が丸まった状態で、仮に長辺と垂直な方向に距離(a/2)まで達したと仮定したときの外向きの空乏層の端部を示している。また、図26で符号81aは、距離(a/2)離れた位置を示す直線である。

【0029】図26の符号81は、仮想的な不足分を示している。この仮想的な不足分81は、細溝耐圧部25の短辺の延長線81bと、直線81aと、空乏層の端部82とで囲まれた部分である。

【0030】この仮想的な不足分81は、外向きの空乏層の四隅にそれぞれ一個ずつ生じるから、合計四個生じることになる。

【0031】図26の符号80は、1個の細溝耐圧部25の短辺の垂直二等分線である直線86と、直線81bと、空乏層の端部82とで囲まれた突出部分を示している。この突出部分80は、細溝耐圧部25の短辺一辺につき二個生じ、一個の細溝耐圧部25について合計四個生じることになる。これら四個の突出部分80の総量は、細溝耐圧部25の短辺からはみ出した空乏層の総量と等しい。はみ出した空乏層の総量は、上述した仮想的な不足分81の四個の合計量に等しいから、合計四個の各突出部分80を合計四個の各仮想的な不足分81にそれぞれ割り振ったとすると、1個の細溝耐圧部25から広がる空乏層は、その細溝耐圧部25の長辺と垂直な方向に長方形形状に広がり、短辺からは全く空乏層は広がらないことになる。

【0032】このように細溝耐圧部25の短辺から空乏層が全く広がらない状態でも細溝耐圧部25の短辺と中間耐圧部28との間の基板が空乏化した状態にあるためには、中間耐圧部28のリング内周から伸びた空乏層の端部28dが、細溝耐圧部25の短辺に達していればよい。

【0033】細溝耐圧部25と、中間耐圧部28のリング内周とからそれぞれ広がる外向き、内向きの空乏層の

端部 25d、28d がちょうど接し、内向きの空乏層が、細溝耐圧部 25 の長辺と対向する部分で距離 ($a/2$) だけ伸びているときは、細溝耐圧部 25 の短辺と対向する部分でも距離 ($a/2$) だけ伸びている。従って、中間耐圧部 28 のリング内周と、細溝耐圧部 25 の短辺との距離を ($a/2$) にすれば、このとき中間耐圧部 28 のリング内周から広がる空乏層の端部 28d は細溝耐圧部 25 の短辺に達し、細溝耐圧部 25 の短辺と中間耐圧部 28 のリング内周との間の基板が全て空乏化した状態になる。

【0034】各細溝耐圧部 25 は平行に配置されており、互いに隣接する各細溝耐圧部 25 の両方から、その間に位置する基板にも空乏層が広がる。

【0035】細溝耐圧部 25 と中間耐圧部 28 のリング内周との間の基板が全て空乏化した状態では、細溝耐圧部 25 の長辺から広がる外向きの空乏層は距離 ($a/2$) だけ伸びる。

【0036】予め、互いに隣接する各細溝耐圧部 25 の長辺間の距離を距離 a にしておけば、互いに隣接する各細溝耐圧部 25 の長辺からそれぞれ広がる各空乏層の端部は、ともに距離 ($a/2$) ずつ広がり、互いに隣接する各細溝耐圧部 25 の中央の位置で接するので、細溝耐圧部 25 と中間耐圧部 28 のリング内周との間の基板が完全に空乏化したときに、互いに隣接する各細溝耐圧部 25 の間の基板も完全に空乏化した状態になる。

【0037】以上説明したように中間耐圧部 28 のリング内周と細溝耐圧部 25 の長辺との間の距離を a とし、中間耐圧部 28 のリング内周と細溝耐圧部 25 の短辺との間の距離を ($a/2$) とし、互いに隣接する細溝耐圧部 25 の間の距離を a としておけば、中間耐圧部 28 のリング内周より内側の基板は完全に空乏化する。

【0038】中間耐圧部 28 のリング内周から空乏層が距離 ($a/2$) だけ内側に広がった場合には、中間耐圧部 28 のリング外周からも距離 ($a/2$) だけ空乏層が外側へと広がる。

【0039】中間耐圧部 28 のリング外周よりも外側にはリング状の外側耐圧部が配置されており、中間耐圧部 28 のリング外周から距離 ($a/2$) だけ空乏層が広がったときに中間耐圧部 28 と外側耐圧部とが同電位であれば、外側耐圧部のリング内周から内側へ距離 ($a/2$) だけ空乏層が広がる。

【0040】従って、中間耐圧部 28 のリング外周と外側耐圧部との間の距離を a とすれば、中間耐圧部 28 のリング内周から空乏層が距離 ($a/2$) だけ内側に広がったときに、互いに隣接する空乏層の各端部は互いに接し、中間耐圧部と外側耐圧部との間の基板が完全に空乏化する。中間耐圧部 28 のリング内周から内側の基板が完全に空乏化しているときには、中間耐圧部 28 のリング内周から距離 ($a/2$) だけ内側に空乏層が広がっている

は、完全に空乏化している。

【0041】なお、中間耐圧部 28 のリング内周よりも内側の N 型の基板が完全に空乏化すれば、中間耐圧部 28 のリング内周より内側に位置する P 型の領域である細溝耐圧部 25 が完全に空乏化し、また、中間耐圧部 28 の内部にも空乏層が広がる。

【0042】また、任意の外側耐圧部のリング内周よりも内側に位置する N 型の基板が完全に空乏化すれば、その外側耐圧部より内側に位置する P 型の領域、例えば外側耐圧部や中間耐圧部が完全に空乏化し、その外側耐圧部の内部にも空乏層が広がる。

【0043】

【発明の実施の形態】以下で図面を参照し、本発明の実施形態について説明する。最初に、本発明の一実施形態に係るダイオードの製造方法について説明する。

【0044】図 3 を参照し、符号 11 は、N 型のシリコン基板 11 を示している。このシリコン基板 11 の表面上には N 型のエピタキシャル層 12 が形成されており、その表面には熱酸化膜 13 が成膜されている。このうち、シリコン基板 11 とエピタキシャル層 12 とは、本発明の基板の一例を構成している。

【0045】次に、図 4 に示すように、熱酸化膜 13 の表面にパターンニングされたレジスト膜 61 を形成する。このレジスト膜 61 は、平面図を図 15 に示すように、平面形状が矩形リング状の開口 66₁～66₃ と、平面形状が細長矩形形状の開口 65₁～65₃ とを複数ずつ有しており、矩形リング状の開口 66₁～66₃ と、細長矩形形状の開口 65₁～65₃ との底部で、熱酸化膜 13 が露出している。

【0046】ここでは、矩形リング状の開口 66₁～66₃ と細長矩形形状の開口 65₁～65₃ とを 3 個ずつ有している。なお、図 4 は図 15 の C-C 線断面図に対応している。各矩形リング状の開口 66₁～66₃ は、同心状に配置されており、最も内側の矩形リング状開口 66₁ の内側には、平面形状が細長矩形形状の開口 65₁～65₃ が配置されている。各細長矩形形状の開口 65₁～65₃ は、互いに平行に配置されており、各細長矩形形状の開口 65₁～65₃ の四辺は、最も内に配置された最内周矩形リング状開口 66₁ の内周よりも内側に位置している。

【0047】次いで、レジスト膜 61 をマスクにして、熱酸化膜 13 をエッチングすると、細長矩形形状の開口 65₁～65₃ と、各矩形リング状の開口 66₁～66₃ の底部で露出した熱酸化膜 13 が除去され、各細長矩形形状の開口 65₁～65₃ と同形状の開口と、各矩形リング状の開口 66₁～66₃ と同形状の開口がそれぞれ形成される。その後レジスト膜 61 を除去する。その状態を図 5 に示し、熱酸化膜に形成された細長矩形形状の開口を符号 72₁～72₃ に示し、矩形リング状の開口を符号 73₁～73₃ に示す。

【0048】次に、この熱酸化膜 13 をマスクにして、エピタキシャル層 12 をエッチングすると、図 6 に示すように、細長矩形形状の開口 72₁～72₃の底部と矩形リング状の開口 73₁～73₃底部に露出したエピタキシャル層 12 が除去され、細長矩形形状の開口 72₁～72₃と矩形リング状の開口 73₁～73₃の位置のそれぞれに、平面形状が細長矩形形状であって、底がエピタキシャル層の内部に位置している細溝 20₁～20₃と、平面形状が矩形リング状であって、細溝 20₁～20₃と同じ深さの矩形リング状の溝 22₁～22₃とがそれぞれ形成される。これらの細溝 20₁～20₃と矩形リング状の溝 22₁～22₃とは、同じ深さで形成されている。

【0049】次いで、細長矩形形状の細溝 20₁～20₃と矩形リング状の溝 22₁～22₃との内部に、p 型不純物であるボロンを添加しながらエピタキシャル層を成長させると、図 7 に示すように、細長矩形形状の細溝 20₁～20₃の内部に、P 型のエピタキシャル層からなる細長矩形形状の細溝耐圧部 25₁～25₃が形成されるとともに、最内周矩形リング状溝 22₁及びその外側の矩形リング状の溝 22₂、22₃の内部に、P 型のエピタキシャル層からなる中間耐圧部 28 と、外側耐圧部 27₁、27₂それぞれ形成される。

【0050】次に、図 8 に示すようにエピタキシャル層 12 の表面を研磨処理して、エピタキシャル層 12 の表面より上方にはみ出した細溝耐圧部 25₁～25₃、中間耐圧部 28 及び外側耐圧部 27₁、27₂を除去するとともに、熱酸化膜 13 を除去する。

【0051】次いで、熱酸化処理してエピタキシャル層 12 の表面に熱酸化膜 14 を成膜した後、CVD 法等により熱酸化膜の表面に PSG 膜を成膜する。図 9 の符号 14 に熱酸化膜を示し、符号 15 に PSG 膜を示す。

【0052】次に、図 10 に示すように PSG 膜 15 の表面にパターニングされたレジスト膜 62 を形成する。このレジスト膜 62 は、図 16 にその平面図を示すように、開口 62a を有しており、この開口 62a の下方位置には、少なくとも細溝耐圧部 25₁～25₃と、各細溝耐圧部 25₁～25₃との間のエピタキシャル層 12 とが位置している。ここでは開口 62a は矩形に形成され、その縁が中間耐圧部 28 のリング内周とリング外周の間に位置している。なお、図 10 は、図 16 の D-D 線断面図である。

【0053】次いで、レジスト膜 62 をマスクにして PSG 膜 15 と熱酸化膜 14 とをエッチングし、開口 62a から露出した PSG 膜 15 と熱酸化膜 14 とを除去して、PSG 膜 15 と熱酸化膜 14 に、開口 62a と同形状の開口 62b を形成し、開口 62b の底部で、エピタキシャル層 12 と、細溝耐圧部 25₁～25₃と、中間耐圧部 28 の一部を露出させる。その後レジスト膜 62 を剥離した状態を図 11 に示す。

【0054】次に、全面に金属膜 17 を成膜する。図 1

2 に示すように、この金属膜 17 は、開口 62b の底部で露出するエピタキシャル層 12、細溝耐圧部 25₁～25₃及び中間耐圧部 28 と接触し、エピタキシャル層 12 とはショットキー接合を形成し、細溝耐圧部 25₁～25₃、中間耐圧部 28 とはオーミック接合を形成する。

【0055】次いで、図 13 に示すように金属膜 17 の表面にパターニングされたレジスト膜 63 を成膜する。このレジスト膜 63 は矩形に形成され、開口 62a と相似形であって、開口 62b より大きい。

【0056】次に、レジスト膜 63 をマスクにして金属膜 17 をエッチングすると、図 14 に示すように露出した部分の金属膜 17 が除去され、レジスト膜 63 が形成された位置に、残存した金属膜からなるアノード電極 18 が形成される。このアノード電極 18 は本発明の電極膜の一例である。その後レジスト膜 63 を剥離し、シリコン基板 11 の、エピタキシャル層 12 が配置された側と反対側の一表面に、シリコン基板 11 とオーミック接合する金属薄膜からなるカソード電極 19 を形成する。

【0057】以上の工程を経て、図 1 に平面図を示し、図 2 にその A-A 線断面図を示すダイオード 1 が完成する。なお、図 1 では、簡単のためアノード電極 18 は図示していない。

【0058】このダイオード 1 では、アノード電極膜 18 の底部が、上述したように PSG 膜 15 と熱酸化膜 14 の開口 62b の底部で露出するエピタキシャル層 12、各細溝耐圧部 25₁～25₃及び中間耐圧部 28 と接触しており、アノード電極 18 に正電圧を印加するとともに、カソード電極 19 に負電圧を印加すると、アノード電極 18 とエピタキシャル層 12 との間のショットキー接合が順バイアスされ、アノード電極 18 からカソード電極 19 に向けて電流が流れる。

【0059】このとき、細溝耐圧部 25₁～25₃とエピタキシャル層 12 との間の PN 接合と、中間耐圧部 28 とエピタキシャル層 12 との間の PN 接合とが順バイアスされるが、PN 接合に流れる電流はショットキー接合面を介して流れる電流よりもはるかに小さい。

【0060】それとは逆に、アノード電極 18 に負電圧を印加するとともに、カソード電極 19 に正電圧を印加すると、アノード電極 18 とエピタキシャル層 12 との間のショットキー接合と、細溝耐圧部 25₁～25₃及び中間耐圧部 28 と、エピタキシャル層 12 との間の各 PN 接合とが逆バイアスされ、電流は流れなくなる。この状態で、中間耐圧部 28 の内側の、エピタキシャル層 12 の表面近くでは、アノード電極 18 とエピタキシャル層 12 との間のショットキー接合から、エピタキシャル層 12 の深さ方向へと空乏層が広がり、エピタキシャル層 12 の深い部分では、中間耐圧部 28、細溝耐圧部 25₁～25₃とエピタキシャル層 12 との間の PN 接合からエピタキシャル層 12 内に横方向へと空乏層が広が

る。

【0061】このダイオード1では、細溝耐圧部25₁～25₃の長辺と中間耐圧部28のリング内周との間の距離aは、細溝耐圧部25₁～25₃の短辺と、中間耐圧部28のリング内周との間の距離bの二倍にされ、また、最内周の外側耐圧部27₁のリング内周と中間耐圧部28のリング外周との間の距離cと、互いに隣接する各外側耐圧部27₁、27₂の距離uと、互いに隣接する各細溝耐圧部25₁～25₃の長辺間の距離dは、ともに細溝耐圧部25₁の長辺と中間耐圧部28のリング内周との間の距離aと等しくされている。ここでは、距離aを2.4 μ mとし、リング幅wを0.6 μ mとしている。

【0062】このように構成すると、中間耐圧部28と各細溝耐圧部25₁～25₃とから横方向に広がる空乏層により、各細溝耐圧部25₁～25₃の長辺と中間耐圧部28のリング内周との間のエピタキシャル層12が空乏化したとすると、中間耐圧部28の内側や、最内周の外側耐圧部27₁と中間耐圧部28のリング外周との間や、互いに隣接する各外側耐圧部27₁、27₂の間に位置するエピタキシャル層12は、中間耐圧部28から横方向に広がる空乏層により空乏化する。

【0063】また、このダイオード1では、各外側耐圧部27₁、27₂と中間耐圧部28のリング幅wと各細溝耐圧部25₁～25₃の幅yとは互いに等しくされている。

【0064】空乏層は、エピタキシャル層12内部だけではなく各細溝耐圧部25₁～25₃、中間耐圧部28、各外側耐圧部27₁、27₂の内部にも広がるが、各細溝耐圧部25₁～25₃の幅yと、中間耐圧部28及び各外側耐圧部27₁、27₂の幅wとが等しくされているので、各細溝耐圧部25₁～25₃の内部が全て空乏化すれば、中間耐圧部28と各外側耐圧部27₁、27₂の内部もまた全て空乏化し、最外周の外側耐圧部27₂より内側に位置するエピタキシャル層12と、細溝耐圧部25₁～25₃、中間耐圧部28及び各外側耐圧部27₁、27₂の内部は全て空乏化した状態になる。

【0065】従って、最外周の外側耐圧部27₂より内側に位置する部分に局部的に電界が集中することはない。従って、最内周の外側耐圧部27₁より内側の部分で空乏化しない箇所がある従来の素子に比して、耐圧が高くなる。

【0066】なお、上述したダイオード1では、外側耐圧部27₁、27₂が二本設けられた場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、外側耐圧部27は一本設けられていても、三本以上設けられていてもよい。外側耐圧部27が三本以上設けられた場合には、各細溝耐圧部25₁～25₃の長辺と中間耐圧部28のリング内周との間の距離aを、各細溝耐圧部25₁～25₃の短辺と中間耐圧部28のリング内周との間の距

離bの二倍にし、最内周の外側耐圧部27₁のリング内周と中間耐圧部28のリング外周との間の距離cと、互いに隣接する各外側耐圧部27の間の距離uと、互いに隣接する各細溝耐圧部25₁～25₃の長辺間の距離dを、ともに各細溝耐圧部25₁～25₃と中間耐圧部28との間の距離aと等しくするとともに、中間耐圧部28及び各外側耐圧部27の幅wを全て細溝耐圧部25の幅yと等しくしておけば、ダイオード1と同様に、最外周の外側耐圧部27の内側に位置するエピタキシャル層12と、各細溝耐圧部25₁～25₃と、中間耐圧部28及び各外側耐圧部27の内部とが全て空乏化した状態になる。

【0067】また、本発明は上述した構成に限られるものではなく、例えば図17に平面図を示し、図18にそのF-F線断面図を示すように、上述したダイオード1に加えて、後述する中継拡散層を設けたダイオード2としてもよい。なお、図17では、簡単のためアノード電極18は図示していない。

【0068】このダイオード2では、ダイオード1と同様に、アノード電極18は中間耐圧部28と各細溝耐圧部25₁～25₃とエピタキシャル層12とに接触し、かつ最内周の外側耐圧部27₁や最外周の外側耐圧部27₂には接触していない。

【0069】また、ダイオード1とは異なり、中間耐圧部28と最内周の外側耐圧部27₁の間と、互いに隣接する外側耐圧部27₁、27₂の間に位置するエピタキシャル層12の表面には、それぞれ浅いP型不純物拡散層からなる中継拡散層52c、52dが設けられている。ここでは、各中継拡散層52c、52dは、各外側耐圧部27₁、27₂のリング内周に直接接触して配置されている。

【0070】かかるダイオード2で、細溝耐圧部25₁～25₃及び中間耐圧部28と、エピタキシャル層12との間の各PN接合とを逆バイアスすると、中間耐圧部28と各細溝耐圧部25₁～25₃の間では、中間耐圧部28と各細溝耐圧部25₁～25₃とにはともにアノード電極18から直接電圧が印加されるから、中間耐圧部28と各細溝耐圧部25₁～25₃とからは、それぞれ空乏層が安定に広がる。中間耐圧部28から広がる空乏層は内向きにも外向きにも広がるが、このうち、外側に広がる空乏層は、最内周の外側耐圧部27₁へと広がる。

【0071】中間耐圧部28と最内周の外側耐圧部27₁の間では、中継拡散層52cを除くエピタキシャル層12の幅は、中継拡散層52cが設けられた部分の方が、中継拡散層52cとが設けられていない部分よりも短くなっている。

【0072】このため、エピタキシャル層12の幅が短くなっている部分は、幅が長い部分よりも早く空乏化するので、中継拡散層52cが設けられた部分は、中継拡散層52cが設けられていない部分が空乏化する電圧よ

りも低い電圧で空乏化する。

【0073】従って、空乏化したエピタキシャル層12と中継拡散層52cとを介して、最内周の外側耐圧部27₁と中間耐圧部28とが接続され、最内周の外側耐圧部27₁の浮遊電位状態が解消される。このため、最内周の外側耐圧部27₁と、中間耐圧部28との間のエピタキシャル層12のうち、中継拡散層52cが設けられていない部分を空乏化するのに必要な電圧より低い電圧で、最内周の外側耐圧部27₁の電位状態が安定になる。その結果、最内周の外側耐圧部27₁から広がる空乏層の広がり方は安定になる。最内周の外側耐圧部27₁から広がる空乏層は、外向きにも内向きにも広がるが、このうち、外向きに広がる空乏層は、最内周の外側耐圧部27₁と隣接する最外周の外側耐圧部27₂へと広がる。

【0074】互いに隣接する最内周外側耐圧部27₁と最外周の外側耐圧部27₂の間のエピタキシャル層12では、上記した中間耐圧部28と最内周の外側耐圧部27₁との間と同様に、中継拡散層52dが配置された部分は、中継拡散層52dが配置されていない部分が空乏化する電圧より低い電圧で空乏化する。

【0075】これを要するに、ともに浮遊電位に置かれた各外側耐圧部27₁、27₂の間や、アノード電極18に接続され、電位が固定された中間耐圧部28と、浮遊電位に置かれた最内周の外側耐圧部27₁との間に、中継拡散層52c、52dを配置するとよい。

【0076】上述したダイオード2では、アノード電極18が中間耐圧部28に接触するように配置したが、上述したダイオード2においてアノード電極18が中間耐圧部28と接触しないように配置した場合には、中間耐圧部28は浮遊電位に置かれるため電位が確定せず、アノード電極18に電圧を印加して、中間耐圧部28から細溝耐圧部25₁～25₃に広がる空乏層は不安定になる。

【0077】この場合には、ともに浮遊電位に置かれた各外側耐圧部27₁、27₂の間や、ともに浮遊電位に置かれた中間耐圧部28と最内周の外側耐圧部27₁との間の他に、浮遊電位に置かれた中間耐圧部28と、アノード電極18に接続され、電位が固定された細溝耐圧部25₁～25₃との間に中継拡散層を配置するとよい。このように構成すると、中間耐圧部28と、細溝耐圧部25₁～25₃の間のエピタキシャル層12が空乏化する電圧より低い電圧で、中間耐圧部28と細溝耐圧部25₁～25₃との間のエピタキシャル層12が空乏化し、中間耐圧部28の電位状態が安定になる。

【0078】以上説明したように、ともに浮遊電位に置かれた拡散層同士の間や、電位が固定された拡散層と浮遊電位に置かれた拡散層との間に、中継拡散層を配置するとよい。

【0079】また、図17、18に示す構造のダイオード

ド2では、中継拡散層を各外側耐圧部のリング内周に部分的に複数個配置したが、本発明の中継拡散層はこれに限られるものではなく、例えば中継拡散層をリング内周やリング外周の全周に配置してもよい。

【0080】また、上述したダイオード2では、二本の外側耐圧部27₁、27₂がある場合について説明したが、外側耐圧部は一本又は三本以上設けられていてもよい。この場合、互いに隣接する外側耐圧部の間に中継拡散層52が配置されない部分が一つでもあると、その部分で空乏層が途切れてしまい、ブレイクダウンが生じてしまうことがありうるが、互いに隣接する外側耐圧部の全ての間に中継拡散層を配置すると、最内周の外側耐圧部27から最外周の外側耐圧部27まで、全ての各外側耐圧部27が空乏層で接続されるので、途中の位置でブレイクダウンが生じることはない。

【0081】また、上述したダイオード2では、各中継拡散層52c、52dが、それぞれ浮遊電位に置かれた外側耐圧部27₁、27₂のリング内周に接するように配置されているが、中継拡散層52c、52dは、電位が固定された拡散層と、その外側に位置し、浮遊電位に置かれた拡散層との間に配置されていればよく、例えば電位が固定された拡散層のリング外周に接するように配置してもよいし、リング内周や外周に接することなく、互いに隣接する拡散層の間に配置されていてもよい。

【0082】また、上述した実施形態では、アノード電極18が中間耐圧部28と接触したものとしたが、本発明はこれに限られるものではなく、例えば、図19に平面図を示し、図20に図19のG-G線断面図を示すように、各細溝耐圧部25₁～25₃と中間耐圧部28との間のエピタキシャル層12表面にはアノード電極18が接触しない点でダイオード1と異なり、他の構成についてはダイオード1と同じであるダイオード3を構成してもよい。なお、図19では、簡単のためアノード電極18は図示していない。

【0083】このように構成すると、各細溝耐圧部25₁～25₃と中間耐圧部28との間のエピタキシャル層12にはショットキー接合は形成されていないので、ダイオード1と異なり、中間耐圧部28と各細溝耐圧部25₁～25₃の長辺との間のエピタキシャル層12にはショットキー接合からエピタキシャル層12の深さ方向に広がる空乏層はないが、ダイオード3は、ダイオード1と同じように中間耐圧部28のリング内周と各細溝耐圧部25₁～25₃とから横方向に空乏層が広がるので、これらの空乏層により、中間耐圧部28のリング内周と各細溝耐圧部25₁～25₃の長辺との間のエピタキシャル層12が空乏化した状態にあれば、ダイオード1と同様に、中間耐圧部28のリング内周と各細溝耐圧部25₁～25₃の短辺との間のエピタキシャル層12や、最内周の外側耐圧部27₁と中間耐圧部28のリング外周との間のエピタキシャル層12が空乏化し、最内周の外側

耐圧部 27₁より内側のエピタキシャル層 12はすべて空乏化した状態になる。

【0084】また、第1導電型をN型、第2導電型をP型としているが、これとは逆に第1導電型をP型とし、第2導電型をN型としてもよい。

【0085】

【発明の効果】電界集中が生じず、高耐圧のダイオードが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態のダイオード素子を説明する平面図

【図2】図1のA-A線断面図

【図3】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第1の断面図

【図4】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第2の断面図

【図5】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第3の断面図

【図6】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第4の断面図

【図7】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第5の断面図

【図8】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第6の断面図

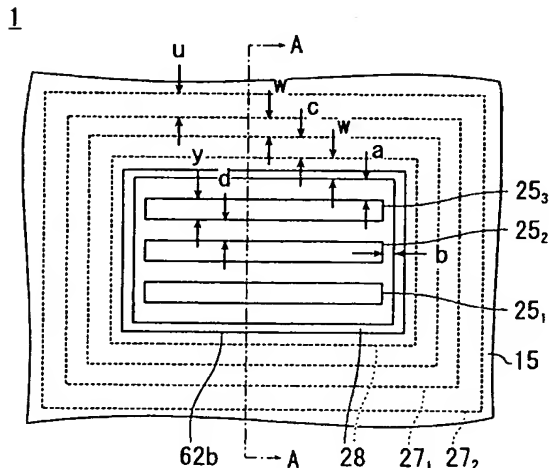
【図9】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第7の断面図

【図10】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第8の断面図

【図11】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第9の断面図

【図12】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第10の断面図

【図1】



【図13】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第11の断面図

【図14】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第12の断面図

【図15】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第1の平面図

【図16】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第2の平面図

【図17】本発明の中継拡散層が設けられた実施形態のダイオード素子を説明する平面図

【図18】図17のF-F線断面図

【図19】本発明の他の実施形態の構造を説明する平面図

【図20】図19のG-G線断面図

【図21】従来のダイオードの構造を説明する平面図

【図22】図21のP-P線断面図

【図23】本発明のダイオード素子を説明する平面図

【図24】図23のH-H線断面図

【図25】本発明の中間耐圧部と、そのリング内周近くに配置された一つの細溝耐圧部の配置状態を説明する平面図

【図26】本発明の細溝耐圧部の角部近傍から広がる仮想的な空乏層を示す平面図

【符号の説明】

1……ダイオード

11……シリコン基板

12……エピタキシャル層

20、22……細溝

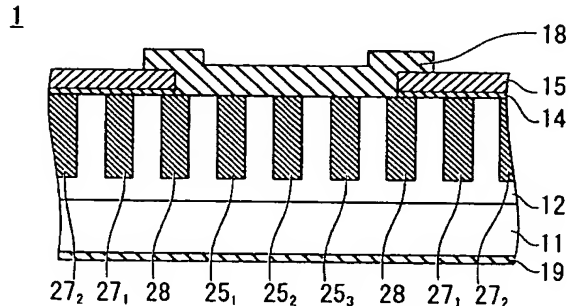
18……アノード電極(電極膜)

25₁～25₃……充填物の埋められた細溝耐圧部

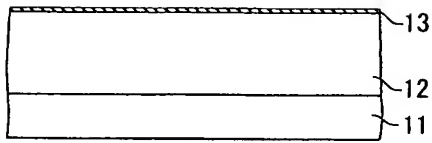
28……充填物の埋められた中間耐圧部

27₁、27₂……充填物の埋められた外側耐圧部

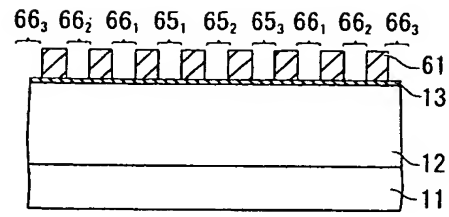
【図2】



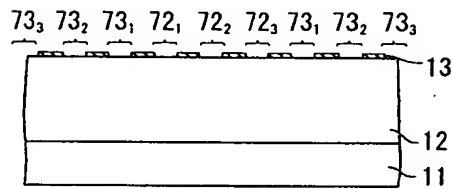
【図3】



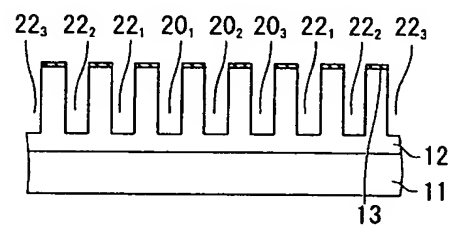
【図4】



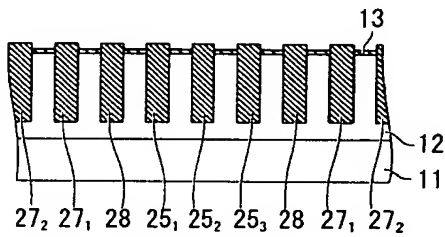
【図5】



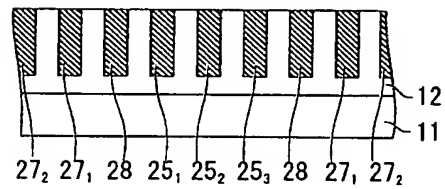
【図6】



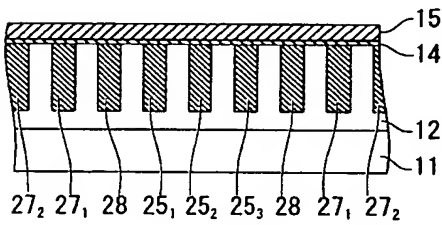
【図7】



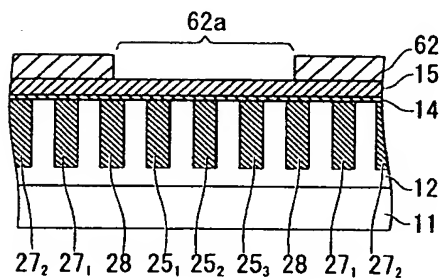
【図8】



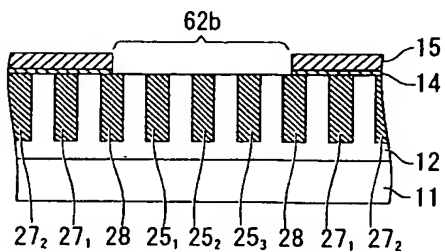
【図9】



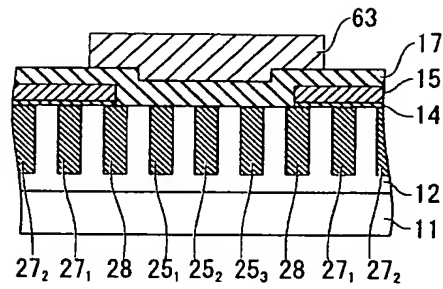
【図10】



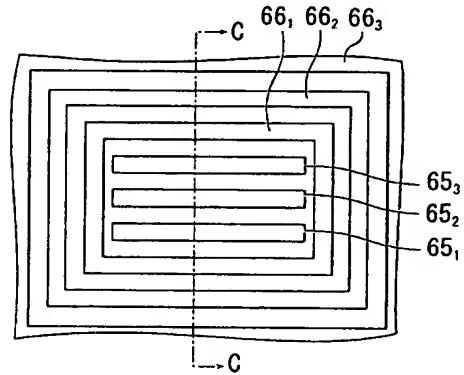
【図11】



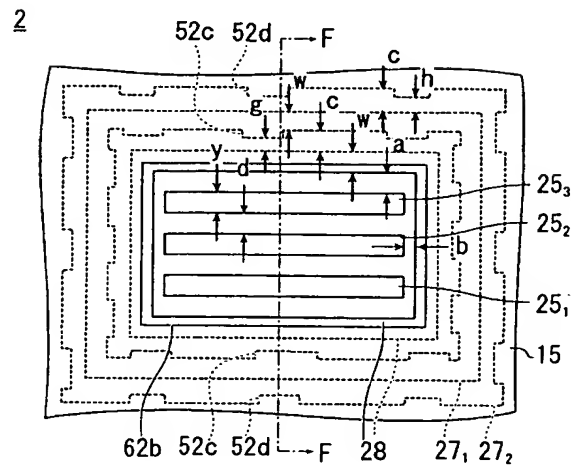
【图 13】



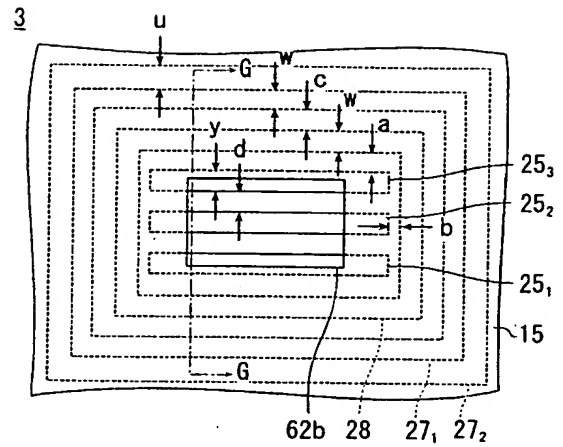
【図 15】



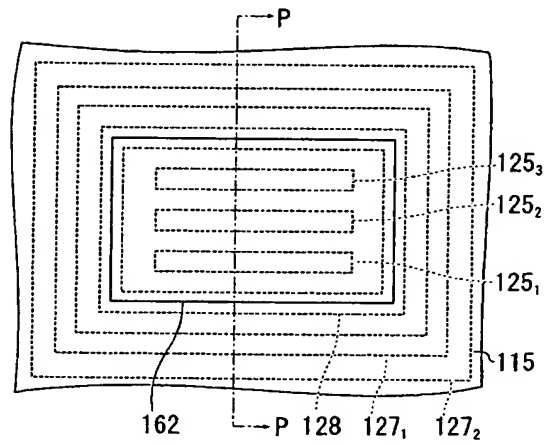
【图 17】



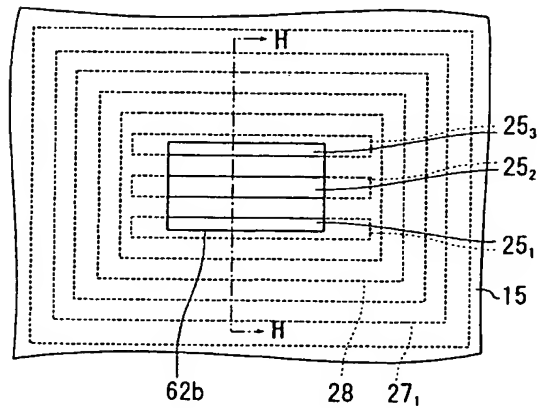
【図 19】



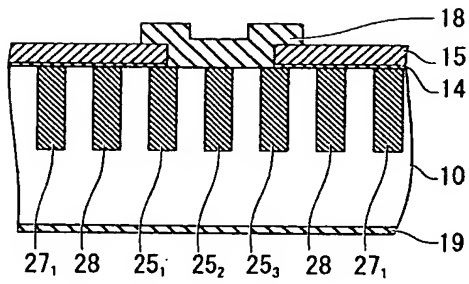
【図 2 1】



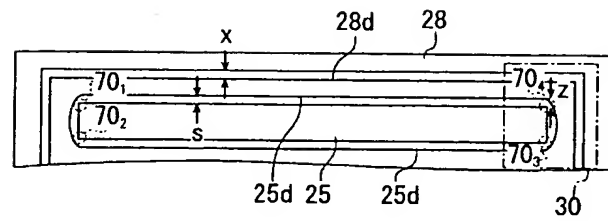
【图 2 3】



【図24】

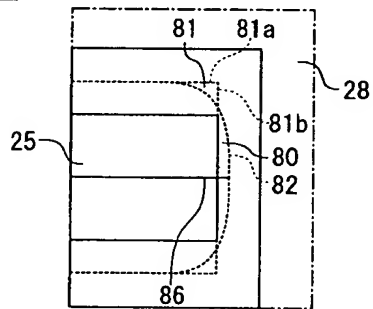


【図25】



【図26】

30



フロントページの続き

(72)発明者 九里 伸治
 埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株
 式会社飯能工場内

Fターム(参考) 4M104 AA01 CC01 CC03 DD16 DD19
 DD63 DD96 EE12 EE15 EE16
 FF02 FF21 GG02 HH20